

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-229161

(43)Date of publication of application : 24.08.1999

(51)Int.Cl.

C23C 26/00
C23C 4/10

(21)Application number : 10-304667

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 27.10.1998

(72)Inventor : ZHENG XIAOCI MAGGIE

(30)Priority

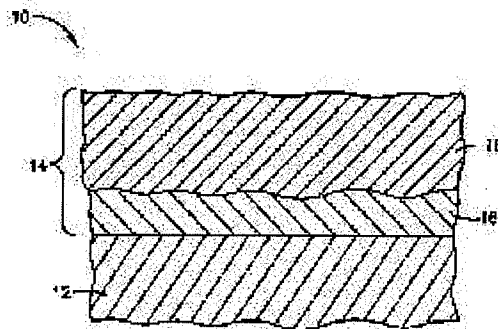
Priority number : 97 958169 Priority date : 27.10.1997 Priority country : US

(54) METHOD FOR PROMOTING DENSIFICATION AND INTERGRANULAR BONDING OF BONDING COAT FOR HEAT INSULATING COATING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form the dense bonding coat for heat insulating coating having an appropriate surface roughness and having a low content of oxides on the component designed for use in a severe thermal environment.

SOLUTION: A metal powder is deposited on a substrate 12 by plasma spraying or high-velocity gas flame sputtering(HVOF) to form a bonding coat. The metal powder is melted only incompletely when deposited and contains coarse grains imparting $\geq 350 \mu\text{m}$ surface roughness Ra. Such coarse grains form a bonding coat having a high oxidation tendency on the surface and inside at a relatively low density. The intergranular diffusion bonding and the densification of the bonding coat are promoted by heat-treating the coat in vacuum or in an inert gas atmosphere before being exposed to a high-temp. oxidizing environment after deposition, and then a ceramic layer 18 is plasma- sprayed on the bonding coat 16.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-229161

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月24日

(51) Int.Cl.⁵

C 2 3 C 26/00
4/10

識別記号

F I

C 2 3 C 26/00
4/10

D

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-304667

(22) 出願日 平成10年(1998)10月27日

(31) 優先権主張番号 08/958169

(32) 優先日 1997年10月27日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタデイ、リバーロード、1番

(72) 発明者 シャオシ・マギイー・チョング

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフ
トン・パーク、ロンドン・スクエア・ア
パートメント、ウィンザー、11番

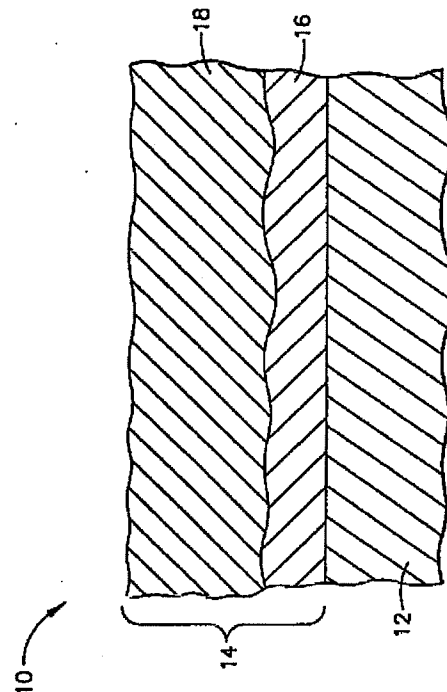
(74) 代理人 弁理士 生沼 徳二

(54) 【発明の名称】 遮熱コーティング系用ボンディングコートの緻密化及び粒子間結合の促進方法

(57) 【要約】

【課題】 過酷な熱環境下で使用するために設計された部品(10)に、適度な表面粗さを有するとともに緻密で酸化物含有量の低い遮熱コーティング(14)用ボンディングコート(16)を形成する。

【解決手段】 プラズマ溶射又は高速ガス炎溶射(HV OF)を用いて基板(12)に金属粉体を堆積させてボンディングコートを形成する。金属粉体は、堆積時に不完全にしか融解せずに約350マイクロインチRa以上の表面粗さを与える粗大粒子を含む。かかる粗大粒子は比較的低密度で表面及び内部にて高い酸化傾向を示すボンディングコートを生じる。堆積後高温酸化環境暴露前に真空又は不活性雰囲気中で熱処理することにより酸化を起こさずに粒子間拡散結合及びボンディングコートの緻密化を促して上記内部酸化傾向を低減する。しかる後に、ボンディングコート(16)上にセラミック層(18)をプラズマ溶射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 超合金基板を準備する段階、表面粗さ350マイクロインチRa以上のボンディングコートを生じるのに十分な大きな粒子を量含む金属粉体の堆積によって基板上にボンディングコートを形成する段階、ボンディングコートの酸化を起こさずに金属粉体粒子を拡散結合しかつボンディングコートを緻密化するため、ボンディングコートの酸化が起こる前にボンディングコートを熱処理する段階、及びボンディングコート上に遮熱層をプラズマ溶射する段階を含んでなる方法。

【請求項2】 前記ボンディングコートがプラズマ溶射及び高速ガス炎溶射からなる群から選択される堆積法によって形成される、請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記熱処理段階が真空又は不活性チャンバー内にて約950℃～約1150℃の温度で約1～約6時間実施される、請求項1記載の方法。

【請求項4】 前記ボンディングコートの熱処理段階後の酸素含有量が3体積%以下である、請求項1記載の方法。

【請求項5】 前記金属粉体が、含アルミニウム金属間化合物、含クロム金属間化合物、MCrAl、MCrAlY及びそれらの組合せからなる群から選択される、請求項1記載の方法。

【請求項6】 前記遮熱層がセラミック材料を含んでなる、請求項1記載の方法。

【請求項7】 前記大きな粒子が約40μm以上の直径を有する、請求項1記載の方法。

【請求項8】 遮熱コーティング系を形成するための方法であって、当該方法が、超合金基板を準備する段階、プラズマ溶射及び高速ガス炎溶射からなる群から選択される堆積法を用いて、堆積時の粒子の不完全な融解の結果表面粗さ350マイクロインチRa以上のボンディングコートを生じるのに十分な大きさの十分量の粒子からなる金属粉体を堆積させることによって基板上にボンディングコートを形成する段階、ボンディングコート及び金属粉体粒子の酸化を起こさずに金属粉体粒子を拡散結合しかつボンディングコートを理論密度の少なくとも約95%の密度に緻密化するため、ボンディングコート内部の粒子表面で酸化物スケールが形成される前にボンディングコートを真空又は不活性雰囲気中で熱処理する段階、及び次いでボンディングコート上にセラミック層をプラズマ溶射する段階を含んでなる方法。

【請求項9】 前記熱処理段階が約950℃～約1150℃の温度で約1～約6時間実施される、請求項8記載の方法。

【請求項10】 前記ボンディングコートの熱処理段階後の酸素含有量が3体積%以下である、請求項8記載の

方法。

【請求項11】 前記金属粉体が、含アルミニウム金属間化合物、含クロム金属間化合物、MCrAl、MCrAlY及びそれらの組合せからなる群から選択される、請求項8記載の方法。

【請求項12】 遮熱コーティング系を形成するための方法であって、当該方法が、超合金基板を準備する段階、

プラズマ溶射及び高速ガス炎溶射からなる群から選択される堆積法を用いて、含アルミニウム金属間化合物、含クロム金属間化合物、MCrAl、MCrAlY及びそれらの組合せからなる群から選択される金属材料の粒子からなる金属粉体で該粒子の少なくとも一部が直径40μm以上を有する金属粉体を堆積させることによって基板上にボンディングコートを形成する段階であって、上記ボンディングコートは直径40μm以上の粒子が堆積時に不完全に融解する結果表面粗さが約350マイクロインチRa以上であることを特徴とする段階、ボンディングコート及び金属粉体粒子の酸化を起こさずに金属粉体粒子を拡散結合しかつボンディングコートを理論密度の少なくとも約95%の密度に緻密化するため、ボンディングコートを真空又は不活性雰囲気中約950℃～約1150℃の温度にて約1～約6時間熱処理する段階、及び次いでボンディングコート上にセラミック層をプラズマ溶射する段階を含んでなる方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガスタービンエンジンの部品のような高温に暴露される部品のための保護皮膜に関する。より具体的には、本発明は遮熱コーティング系（殊に溶射遮熱層を用いた皮膜系）の緻密なボンディングコートを形成するための方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ガスタービンエンジン内部の作動環境は熱的にも化学的にも過酷である。鉄基、ニッケル基及びコバルト基超合金の開発を通じて高温合金は著しく進歩したが、かかる合金で作られた部品はタービン、燃焼器及びオグメンタ等の高温セクションに位置していると長期の使用に耐えれないことが多い。かかる部品の具体例には、ガスタービンエンジンのタービンセクションのバケット（動翼）及びノズル（静翼）がある。普通の解決法はかかる部品の表面をアルミニウム皮膜、オーバーレイ皮膜又は遮熱コーティング系（TBC）等の環境皮膜系で保護することである。遮熱コーティング系には、超合金基板に環境耐性ボンディングコートで付着した遮熱セラミック層がある。

【0003】遮熱セラミック層の材料としては、イットリア（ Y_2O_3 ）やマグネシア（ MgO ）その他の酸化物で部分的又は完全に安定化されたジルコニア（ ZrO_2 ）のような金属酸化物が広く用いられている。セラ

ミック層は通例は大気プラズマ溶射 (APS)、低圧プラズマ溶射 (LPSS) ととも呼ばれる真空プラズマ溶射 (VPS)、或いは耐歪性柱状晶構造を与える電子ビーム物理蒸着 (EBPVD) のような物理蒸着 (PVD) で施工される。APSは設備費が低く施工及びマスキングが簡単であるので他の施工法よりも好ましいことが多い。注目すべき点は、プラズマ溶射セラミック層についての堆積メカニズムが、比較的粗い表面 (好ましくは350マイクロインチ〜約750マイクロインチ (約9〜約19 μm) Ra) のボンディングコートとの機械的かみ合いによることである。

【0004】ボンディングコートは通例、MCrAlY (ただし、Mは鉄、コバルト及び/又はニッケルである) のような耐酸化性合金、又は耐酸化性金属間化合物を生じる拡散アルミニドもしくは白金アルミニド或いは両者の組合せから形成される。かかる組成物から形成されるボンディングコートは、下層の超合金基板に対する酸化バリアーを形成することにより、下層の超合金基板を保護する。殊に、これらのボンディングコート材料のアルミニウム分は、高温における緻密な付着性酸化アルミニウム層 (アルミナスケール) のゆっくりとした成長を可能にする。この酸化物スケールはボンディングコートを酸化から保護するとともに、セラミック層とボンディングコートの結着を高める。

【0005】拡散浸透法及び物理又は化学蒸着法で形成されるもの除き、ボンディングコートは通例溶射法、例えばAPS、VPS及び高速ガス炎 (HVOF) 溶射法等で施工されるが、これらはすべて金属粉体からボンディングコートを堆積させるものである。かかるボンディングコートの構造及び物理的性質はそれらを堆積させる際の方法及び装置によって大きく左右される。VPSボンディングコートを施工しようとする基板に対する前処理条件は、APS及びHVOFボンディングコートに必要とされる条件とは異なるのが通例である。VPSボンディングコート施工前の基板のグリットプラストには比較的小さな粒度のグリットが使用されるが、その結果得られる基板の表面粗さは約200マイクロインチRa (約5 μm) 未満であるのが普通である。ボンディングコートを基板に拡散するためVPS後に通例真空熱処理が施される。

【0006】対照的に、APS又はHVOFボンディングコートを施工しようとする基板のグリットプラストには約170〜約840 μm の粒度のグリットが通例使用される。基板とAPSボンディングコート又はHVOFボンディングコートとの間の接着メカニズムは機械的かみ合いによるので、これらのボンディングコートは遮熱コーティングの施工前に真空熱処理には付されないのが通例である。空気プラズマは空気の下で高い熱容量をもち、そのためAPS法を用いると比較的大きな粒子が融解できる。その結果、VPSで得られないような粗

い表面 (例えばプラズマ溶射セラミック層の密着性に好適な350〜750マイクロインチの範囲のもの) のボンディングコートを与えるより粒度の粗い金属粉体を使用できる。かかる粉体の粒度分布は分級プロセスの結果として正規分布であり、多孔度を低減するため大きな粒子の間の隙間を埋めるような小さな粒子も含めるため分布幅が広いのが通例である。しかし、粒度の小さい粒子は溶射プロセスの際に酸化され易く、酸化物含有量の非常に高いボンディングコートを与える。APSプロセスにおける溶射粒子のもつ低い運動量も皮膜の多孔度を高める。そのため、溶射したままのAPSボンディングコートは本質的に比較的高レベルの酸化物を含んでいるとともにVPSボンディングコートよりも多孔性である。酸化物含有量及び多孔度が高いため、APSボンディングコートはVPSボンディングコートよりも酸化され易い。

【0007】上述の通り、HVOFボンディングコートとその基板との接着は機械的かみ合いによるので、HVOFボンディングコートは遮熱コーティング施工前に真空熱処理に付されない。HVOF法で堆積したボンディングコートはHVOFプロセスの溶射温度が比較的低いため粉体の粒度分布に非常に鋭敏である。したがって、HVOFプロセスパラメーターは粒度分布の非常に狭い粉体を溶射するように調節するのが通例であった。プラズマ溶射セラミック層に好適なHVOFボンディングコートを形成するには、必要な表面粗さが得られるように通例粒度の粗い粉体を使用しなければならない。しかし、粒度の粗い粒子は好適HVOFパラメーターでは通例十分に融解できないので、従来技術のHVOFボンディングコートは比較的高い多孔度を示すとともに溶射粒子間の結着性に乏しいのが通例である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上述べた通り、各種の技術で形成されたボンディングコートはうまく用いられてきたものの、各々の技術には所定の用途に関して考慮すべき長所と短所があることが分かる。特に、APSプロセスではプラズマ溶射セラミック層の接着に適した表面粗さのボンディングコートが容易に得られるが、かかるボンディングコートにおける多孔性及び酸化傾向は下層の基板に対する保護及び密着性に支障となる。HVOFボンディングコートでは、粒子間の結着性に乏しいため、高温酸化環境に付されたHVOFボンディングコート内部に酸素が容易に拡散して、ゆるく結合した粒子の様々な表面でボンディングコートの酸化を起こす。

【0009】したがって、必要とされているのは、プラズマ溶射セラミック層に必要な表面粗さがボンディングコートで達成されると同時に低い多孔度及び酸化度の達成されるプロセスである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、ガスタ

ービンエンジンのタービンバケット及びノズル、燃焼器部品並びにオグメンタ部品等の過酷な熱環境下で使用するために設計された部品の遮熱コーティング(TBC)系のボンディングコート形成する方法が提供される。当該方法は、プラズマ溶射セラミック層の接着に適した表面粗さを有するボンディングコートを与えると同時に、高密度及び低酸化物含有量を呈するボンディングコートを生じる。その結果、本発明の方法で形成されるボンディングコートは保護性に優れており、耐剥落性の高い遮熱コーティング系を与える。

【0011】この方法は、プラズマ溶射その他高速ガス炎溶射(HVOF)のような好適なプロセスを用いて基板上に金属粉体を堆積させることによって基板上にボンディングコートを形成することを含む。プラズマ溶射セラミック層の接着に適した表面粗さを呈するボンディングコートを得るため、金属粉体は堆積時に不完全にしか融解しないような大きな粒子を十分量含んでいて、そうした大きな粒子がボンディングコート表面で約350マイクロインチ(約9 μ m)Ra以上の表面粗さを生じるようする。大きな粒子で望ましい表面粗さを得ることの結果として、ボンディングコートは比較的低密度で、ボンディングコートの表面及び内部(溶射粒子間の結着性の乏しさに帰因するボンディングコート内の通路のため)で酸化する傾向があるという特徴をもつ。かかるボンディングコートを、例えばボンディングコート上へのセラミック層のプラズマ溶射時に起こる高温暴露のような、酸化環境下での高温に付すと急速な酸化が起こってしまう。

【0012】本発明によれば、ボンディングコートの酸化を起こさずに金属粉体粒子同士を拡散結合しかつボンディングコートを緻密化するための非酸化環境(例えば真空又は不活性雰囲気)下でのボンディングコートの熱処理を直ちに行うことにより、セラミック層の堆積前のボンディングコートの酸化を防止する。しかる後に、ゆるく結合した粒子表面上での酸化物スケールの形成を起こさずに、遮熱(例えばセラミック)層をボンディングコート上に溶射することができる。酸化物スケールはこれが形成されると、たとえセラミック層の堆積後に非酸化性環境中でボンディングコートを熱処理したとしても、粒子同士の拡散結合を妨げることになる。本発明によれば、非酸化性環境中での好適な熱処理は、遮熱層堆積前のボンディングコートの予備加熱を可能にするとともに、遮熱層のプラズマ溶射(その際ボンディングコートの温度は300℃以上に達し得る)を可能にする。

【0013】以上から明らかな通り、本発明の方法はTBC系のプラズマ溶射セラミック層に必要な表面粗さを有するボンディングコートを生じると同時に、ボンディングコートの多孔度及び酸化を低減する。したがって、本発明で作られるボンディングコートは下層の基板の酸化を防止しながらプラズマ溶射セラミック層を接着する

ことができ、TBC系が望ましいレベルの耐剥落性を示すようになる。

【0014】本発明のその他の目的及び利点は以下の詳細な説明から理解されるであろう。

【0015】

【発明の実施の形態】ここで図面について説明しておく。図1は本発明にしたがって真空プラズマ溶射又は高速ガス炎溶射法で堆積させたボンディングコートを有する遮熱コーティング系の概略図である。図2及び図3は加熱炉サイクル試験を行ったHVOFボンディングコートの顕微鏡写真であり、図2は本発明にしたがって予め真空熱処理に付しておいたHVOFの状態を示し、図3は試験前の真空熱処理に付さなかったHVOFボンディングコートの状態を示す。

【0016】本発明は、熱的に過酷な環境から遮熱コーティング(TBC)系によって保護される金属部品全般に適用可能である。かかる部品の代表的な具体例には、ガスタービンエンジンの高圧及び低圧タービンノズル(静翼)及びバケット(動翼)、シュラウド、燃焼器内筒、燃焼器尾筒、オグメンタ等がある。本発明の利点は特にタービンエンジン部品に適用し得るが、本発明の教示内容は部品をその環境から遮熱するために遮熱バリエーを使用し得る部品全般に適用可能である。

【0017】本発明による遮熱コーティング系14を有するタービンエンジン部品10の部分断面図を図1に示す。図示したコーティング系14には、基板12にボンディングコート16で結合した遮熱セラミック層18が含まれる。タービンエンジン的高温部品の場合のように、基板12は鉄基、ニッケル基又はコバルト基超合金から形成し得るが、他の高温材料も使用できると予見される。本発明では、セラミック層18は、大気プラズマ溶射(APS)及び低圧プラズマ溶射(LPPS)としても知られる真空プラズマ溶射(VPS)のようなプラズマ溶射法で施工される。セラミック層18に好ましい材料はイットリア安定化ジルコニア(YSZ)であるが、イットリア部分安定化ジルコニア、或いはマグネシア(MgO)、セリア(CeO₂)、スカンジウム(Sc₂O₃)、アルミナ(Al₂O₃)等の別の酸化物で安定化されたジルコニアを始めとする他のセラミック材料も使用し得る。

【0018】ボンディングコート16は、下層の基板12を酸化から保護することができてしかもプラズマ溶射セラミック層18の剥落を防止できるようにするため、耐酸化性でなければならない。加えて、ボンディングコート16は十分に緻密でなければならず、しかも基板12の酸化をさらにいっそう防止するため酸化物が比較的低レベルでなければならない。セラミック層18の堆積前又は堆積時に、高温暴露によってボンディングコート16の表面にアルミナ(Al₂O₃)スケール(図示せず)が形成することがあり、かかるスケールはセラミッ

ク層18がしっかりと接着する表面を与える。この目的のため、ボンディングコート16は好ましくはアルミナ及び／又はクロミア形成材料（すなわちアルミニウム、クロム及びそれらの合金及び金属間化合物）を含む。好ましいボンディングコート材料にはMCrAl及びMCrAlY（ただし、Mは鉄、コバルト及び／又はニッケルである）がある。

【0019】最後に、セラミック層18はプラズマ溶射法で施工されるので、ボンディングコート16はセラミック層18がボンディングコート16と機械的に噛み合うように十分な粗さの表面、好ましくは350マイクロインチ（約9 μ m）以上の表面粗さを有していなければならない。従来技術とは対照的に、本発明の方法はボンディングコートの形成にAPSプロセスを必要としない。その代わり、本発明では、基本的には真空プラズマ溶射（VPS）や高速ガス炎溶射（HVOF）や線式アーク溶射のような任意の熱溶射プロセスを用いて十分な表面粗さを有するボンディングコート16を生じさせることができる。なお、従来技術のVPSボンディングコートは滑らかすぎてプラズマ溶射セラミック層を十分に接着できず、従来技術のHVOFボンディングコートは適度な表面粗さで作ることはできたがその代わり皮膜密度が低く、セラミック層の堆積前に高温酸化性条件に付されるとボンディングコート内部で内部酸化が起こるようになってしまう。

【0020】望ましい表面粗さを有するVPS又はHVOFボンディングコート16を得るため、本発明の堆積プロセスでは堆積プロセス時に部分的にしか融解しない比較的大きな粒子を十分量含む金属粉体を用いて、プラズマ溶射セラミック層18のボンディングコート16への付着に適した表面粗さを得る。好ましい金属粉体はバイモーダル（双峰性）粒度分布を有し、粒度の細かい粉体と粒度の粗い粉体の組合せを含むが、これらは別々に堆積させるか、混ぜ合わせて粉体混合物としてから堆積させるか、或いはこれら2つ方法を組合せる。別法として、粒度分布が正規分布であることを特徴とする粉体を使用してもよい。共通する条件は、粉体が、約350マイクロインチ～約750マイクロインチ（約9～約19 μ m）Raの表面粗さを有するボンディングコート16を生じる直径40 μ m以上の粗大粒子を十分量含んでいなければならないことである。

【0021】ただし、ボンディングコート16内部の部分融解粗大粒子の存在は本質的に溶射粒子間の結着性を低下させる。さらに、粗大粒子間の隙間が酸素の拡散による通り路を提供して高温で酸素がボンディングコート16内部に侵入してボンディングコートを酸化する。本発明の評価において、VPS法及びHVOF法により不都合なレベルの酸化物を生じることなくボンディングコート16を堆積することはできるが、所要の表面粗さを達成するのに必要な粗大粒子の粒子間及び粒子周囲の隙

間のためにボンディングコート16の密度が低いため後々ボンディングコートの酸化が起こり易いとの結論を得た。本発明によれば、堆積後のボンディングコート16に対して、金属粉体粒子間の拡散結合を促してボンディングコート16の密度を高めるための熱処理を実施し、もってボンディングコート16の内部酸化を防止することにより、この問題を解決する。好適な熱処理は、ボンディングコート16の形成後直ちにボンディングコート16を真空又は不活性雰囲気中で約950℃～約1150℃の温度に約1～6時間付すことである。好ましい実施形態では、ボンディングコート16の酸化物含有量は3体積%以下に保たれ、熱処理後の密度は理論密度の95%以上に増大する。

【0022】ボンディングコート16堆積後セラミック層18堆積前の酸化を防止できることは、ボンディングコート16をセラミック層18の堆積前に加熱しなければならない場合或いはセラミック層の堆積がボンディングコート16の加熱を引き起こす（例えば約300℃を超える）場合に重大な意義がある。セラミック層の堆積に先立ってボンディングコート16表面に高温暴露によりアルミナ（Al₂O₃）スケールを形成する場合には、ボンディングコート16の多孔性も重要な意味をもつ。かかる手順は公知であってVPS又はLPSSボンディングコート上にEBPVDセラミック層を堆積する場合に必要であるが、本発明のようなプラズマ溶射セラミック層18に対するボンディングコート16上でアルミナスケールを予備形成することは知られていない。TBCを形成するためのセラミック材料の溶射は従来は、連続保護アルミナスケールを形成することのできないAPSボンディングコート上に堆積させる場合に限られていたからである。さらに、VPS及びEBPVD TBC系の真空熱処理は当技術分野で公知であるが、かかる熱処理の目的はボンディングコートをその基板に対して拡散結合させることと被覆プロセス時に誘起された応力を除去することであった。したがって、プラズマ溶射セラミック層の堆積前にHVOFボンディングコートの多孔性を低減するためにかかる熱処理が使用されたこともなければ、そのような目的での熱処理が示唆されたこともない。APSボンディングコートを形成する溶射粒子の表面には高温溶射プロセスのため既に酸化物スケールが存在するので、その固有酸化物含有量のためAPSボンディングコートの密度を熱処理によって改善することはできない。

【0023】

【実施例】2群のTBC試験片を各々超合金基板上でNiCrAlY粉体を用いたHVOFボンディングコートと共に形成した。最初の群（A群）の試験片のHVOFボンディングコートは45 μ m以下の粉末粒子で溶射し、約350マイクロインチ（約9 μ m）Raの表面粗さを得た。二番目の群（B群）の試験片のHVOFボン

ディングコートは $44\mu\text{m}$ ～ $89\mu\text{m}$ の粉末粒子で溶射し、約 550 マイクロインチ（約 $14\mu\text{m}$ ）Raの表面粗さを得た。TBCの堆積に先立って、各群の半数を本発明に従って真空中約 1065°C で約4時間熱処理した。加熱炉サイクル試験（FTC）を各試験片について実施した。この試験は 1149°C に45分間加熱し冷却するというサイクルからなっていた。各試験片についてそのTBCが剥落するまでこのようにして試験した。試験結果の平均を以下の表1に示す。

【0024】

【表1】

表 1

	熱 処 理	熱処理せず
A 群	9.15 時間	6.15 時間
B 群	7.22 時間	4.65 時間

【0025】上記の結果は、A群及びB群の試験片の熱サイクル疲労寿命がそれぞれ49%及び55%と格段に向上したことを実証している。図2及び図3は加熱炉サイクル試験後のA群の試験片の断面を示す倍率200倍の顕微鏡写真である。図2に示す試験片は本発明に従って熱処理したものであり、図3に示す試験片は熱処理を行わなかったものである。これらの顕微鏡写真は、本発

明により密度及び粒子間結合の大幅な改善が達成されることを明らかに示している。

【0026】好ましい実施形態を参照して本発明を説明してきたが、基板並びにコーティング系のボンディングコート及び遮熱層を別の材料で置き換えたり、或いは得られるコーティング系を上記以外の用途に用いる等、他の形態も採用し得ることは当業者には自明であろう。したがって、本発明の範囲は特許請求の範囲の記載によってのみ限定されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にしたがって真空プラズマ溶射又は高速ガス炎溶射法で堆積させたボンディングコートを有する遮熱コーティング系の概略図。

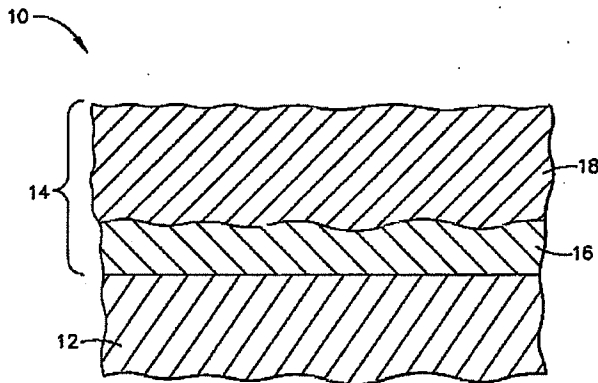
【図2】 本発明にしたがって予め真空熱処理に付しておいたHVOFボンディングコートの加熱炉サイクル試験後の顕微鏡写真。

【図3】 真空熱処理に付さなかったHVOFボンディングコートの加熱炉サイクル試験後の顕微鏡写真。

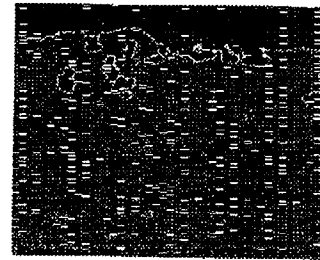
【符号の説明】

- 10 タービンエンジン部品
- 12 基板
- 14 遮熱コーティング系
- 16 ボンディングコート
- 18 遮熱セラミック層

【図1】



【図2】



【図3】

